



Attorney Docket: 1748BA/50875  
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: STEFAN BONEBERG ET AL.  
Serial No.: 10/061,451  
Filed: FEBRUARY 4, 2002  
Title: REACTOR FOR A FUEL CELL SYSTEM AND METHOD OF  
MAKING A REACTOR

X 3

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 101 04 601.4, filed in Federal Republic of Germany on February 2, 2001, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,

April 29, 2002

Donald D. Evenson  
Registration No. 26,160  
Song Zhu  
Registration No. 44,420

CROWELL & MORING, LLP  
Intellectual Property Group  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844  
DDE:SZ:tlm  
(CAM #: 10853.010)

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 04 601.4

**Anmeldetag:** 2. Februar 2001

**Anmelder/Inhaber:** XCELLSIS GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Reaktor für ein Brennstoffzellensystem

**IPC:** B 01 J, C 01 B, H 01 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 4. Februar 2002  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

gurks

XCELLSIS GmbH  
Stuttgart

FTP/S - kau  
25.01.2001

### Reaktor für ein Brennstoffzellensystem

Die Erfindung betrifft einen Reaktor für ein Brennstoffzellensystem gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

Während der Startphase eines Fahrzeugs, welches mit Energie aus einem Brennstoffzellensystem versorgt oder angetrieben wird, entstehen Emissionen, die nicht umgesetzt werden und so in das Abgas gelangen. So wird in Reformersystemen, bei denen Wasserstoff zum Betreiben des Brennstoffzellenmoduls erst aus einem Brennmittel gewonnen werden muß, eine relativ hohe Temperatur benötigt, damit die Katalysatoren zur Reformierung und Kohlenmonoxidentfernung aus dem Reformat mit ausreichender Effizienz arbeiten können. Solange das Brennstoffzellensystem noch nicht auf Betriebstemperatur ist, um etwa eine vollständige Entfernung des Kohlenmonoxids aus dem Reformat zu gewährleisten, entstehen Emissionen. In der Startphase ist daher auch der Wirkungsgrad des Brennstoffzellensystems niedrig. Um die Komponenten möglichst schnell auf Betriebstemperaturen zu bringen, werden Kaltstartkomponenten vorgeschlagen, die etwa mittels zusätzlicher Verbrennung Wärme erzeugen und dergleichen.

Aus der DE 196 40 577 A1 ist ein direkt bestromter Metallträger für einen Katalysator bekannt, der in der Startphase elektrisch beheizt wird, so daß der Katalysator schneller auf Betriebstemperatur kommt. Dabei wird ein katalytisch

beschichtetes Metallblech von elektrischem Strom durchflossen und durch ohmsche Verluste erhitzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Reaktor für ein Brennstoffzellensystem anzugeben, der die Kaltstartphase des Reaktors verkürzt.

Diese Aufgabe wird bei einem Reaktor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß der Reaktor schnell aufgeheizt werden kann, so dass eine Kaltstartphase sehr kurz ist. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass der Reaktor lokal differenziert beheizt werden kann.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei die Figuren zeigen:

Fig. 1 eine seitliche Ansicht eines bevorzugten Reaktors mit Katalysatorträger und Isoliermaterial,

Fig. 2 eine Draufsicht auf einen bevorzugten Reaktor in Art einer Filterkerze und

Fig. 3 eine Draufsicht auf einen bevorzugten Reaktor mit Ausschnitt erfindungsgemäßen Reaktors.

Die Erfindung ist besonders für Reaktoren in Brennstoffzellensystemen geeignet, welche in mobilen Systemen, insbesondere in Fahrzeugen, betrieben werden.

In Fig. 1 ist ein bevorzugter Reaktor 1 dargestellt. Der Reaktor weist ein Gehäuse 4 auf mit einer Medienzuführung 2 und einer Medienabführung 3. Die Medienströmung ist durch Pfeile gekennzeichnet. Im Innern des Reaktors 1 ist eine Katalysatoreinheit K angeordnet, die einen elektrisch leitfähigen Katalysatorträger 5 aufweist, der durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist. Die Katalysatoreinheit K ist in diesem Beispiel nach Art einer Filterkerze ausgeführt, d.h. der Katalysatorträger 5 ist in mehreren Lagen um die als Rohr ausgebildete Medienzuführung 2 gewickelt. Die einzelnen Lagen des Katalysatorträgers 5 sind dabei durch ein elektrisches Isolationsmaterial 6 voneinander getrennt. Das in den Reaktor 1 geführte Medium strömt im Zentrum der Filterkerze ein und strömt durch den Katalysatorträger 5, wird dort umgesetzt, im Bereich zwischen Gehäuse 4 und äußerer Begrenzung der Filterkerze gesammelt und über die Medienabführung 3 aus dem Reaktor 1 abgeleitet. Der Katalysatorträger 5 ist so angeordnet, dass er im Strömungsweg des Mediums steht. Bevorzugt ist der Katalysatorträger 4 zumindest bereichsweise senkrecht zur Strömungsrichtung S eines vom Katalysator umzusetzenden Mediums angeordnet. Die Katalysatoreinheit K ist dann nur radial vom Medium durchströmbar. In axialer Richtung ist die Katalysatoreinheit K gegenüber dem Gehäuse abgeschlossen.

Ein erster elektrischer Kontakt 7 ist an einer ersten Kontaktstelle des Reaktors 1 und ein zweiter elektrischer Kontakt 8 an einer zweiten Kontaktstelle des Reaktors 1 so

angeordnet, daß der elektrische Stromfluß  $I$  im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung  $S$  des Mediums durch den Katalysatorträger 5 erfolgt. Vorzugsweise ist der erste Kontakt 7 an der Medienzuführung angeordnet und der zweite Kontakt 8 an der äußeren Begrenzung der Filterkerze bzw. des Katalysatorträgers 6, so dass insgesamt ein elektrischer Strom  $I$  durch den gesamten elektrisch leitfähigen Katalysatorträger 5 in seiner Längserstreckung fließt.

Der Vorteil ist, dass der elektrisch leitfähige Katalysatorträger durch einen elektrischen Strom aufgeheizt werden kann, wodurch eine höhere Betriebstemperatur sehr schnell erreichbar ist. Durch die vom Medium durchströmbare elektrische Isolierung wird gewährleistet, dass der elektrische Strom entlang der gesamten Längserstreckung des Katalysatorträgers fließt und diesen gleichmäßig aufheizt.

In Fig. 2 ist ein Querschnitt durch einen bevorzugten derartigen Reaktor 1 dargestellt. Ist die Katalysatoreinheit  $K$  des Reaktors wie eine bevorzugte Filterkerze aufgebaut, so kann im einfachsten Fall eine Lage elektrisches Isolationsmaterial 6 auf eine in etwa gleich große Lage elektrisch leitfähiger Katalysatorträger 5 gelegt und die Doppellage dann aufgewickelt werden.

In Fig. 3 ist eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung dargestellt. Die Katalysatoreinheit ist wiederum nach Art einer Filterkerze aufgebaut. Nunmehr ist die elektrisch isolierende Lage 6 jedoch nur an ausgewählten Bereichen der Katalysatoreinheit angeordnet, hier etwa, radial betrachtet, in der Mitte der Filterkerzenanordnung mit einer in Umfangsrichtung über mehrere Wicklungen reichenden elektrischen Isolierung 6. Dadurch wird erreicht, dass der elektrische Widerstand der Katalysatoreinheit  $K$  am Anfang und am Ende des Katalysatorträgers 5 gering und in der Mitte hoch ist.

Entsprechend sind die ohmschen Verluste in der Mitte hoch und damit z.B. auch die Temperaturentwicklung. Damit kann vermieden werden, dass im Eingangsbereich des Katalysatorträgers 5 eine Temperaturüberhöhung stattfindet, die etwa zu unerwünschten Reaktionen führen kann.

Mit einer derartigen Anordnung kann die Temperaturverteilung innerhalb der Katalysatoranordnung gezielt eingestellt werden. Selbstverständlich kann die Anordnung der elektrischen Isolierung 6 auch an anderer Stelle der bevorzugten Filterkerze vorgesehen sein oder auch mehrere, in Umfangsrichtung unterbrochene elektrische Isolierungen 6 aufweisen. Damit kann die Temperaturverteilung für den jeweiligen Einsatz des Reaktors entsprechend optimiert werden.

Eine günstige Möglichkeit für eine derartige Ausgestaltung besteht darin, einen streifenförmigen Katalysatorträger 5 zumindest bereichsweise mit einem oder mehreren Streifen von elektrischem Isoliermaterial 6 zu bedecken und nach Art einer Filterkerze aufzuwickeln.

Besonders vorteilhaft ist es, den elektrischen Widerstand des Katalysatorträgers 5 entlang der Strömungsrichtung S des Mediums veränderbar auszugestalten, indem der elektrisch leitfähige Katalysatorträger 5 selbst entlang seiner Längserstreckung in seinen elektrischen Eigenschaften beeinflusst wird. So kann der Katalysatorträger 5 dicker ausgeführt werden, was den elektrischen Widerstand verringert und dergleichen.

Vorteilhaft ist der Katalysatorträger 5 aus einem metallischen Gewebe oder einem metallischen Netz oder einem Lochblech oder einem schwammartigen metallischen Material gebildet.

Ein günstiges Isolationsmaterial für die Isolierlagen 6 ist ein keramische Papier, welches die notwendige Flexibilität hat, um etwa in einer Filterkerze verwendet zu werden. Gleichzeitig ist die elektrische Isolierfähigkeit auch im eingebauten Zustand zwischen Katalysatorträgerlagen 6 sehr gut. Günstig ist es, die elektrische Isolierung ebenfalls mit Katalysatormaterial zu versehen, so dass die katalytische Aktivität der Anordnung erhöht ist.

Bei ausreichender mechanischer Stabilität des Katalysatorträgers 5, so dass die einzelnen Wickellagen sich nicht berühren, können die einzelnen elektrischen Lagen jedoch auch durch ihren geometrischen Abstand elektrisch isoliert, bevorzugt durch Luft, getrennt sein.

In Fig. 4 ist eine weitere bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Reaktors 1 Erfindung dargestellt. Die Katalysatoreinheit besteht aus einer Lage des Katalysatorträgers 5. Eine Stromquelle 9 liefert den Strom I, der durch den Katalysatorträger 5 fließt und diesen aufheizt. Das umzusetzende Medium durchströmt den Katalysatorträger 5. Es kann zweckmäßig sein, den metallischen Katalysatorträger 5 so auszubilden, dass er senkrecht zu seiner Längserstreckung ausgelenkt ist, um die Oberfläche des metallischen Katalysatorträgers 5 zu vergrößern. Dies kann etwa durch eine zickzackartige oder mäanderförmige Ausgestaltung erfolgen.

In Fig. 5 ist eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Reaktors 1 dargestellt. Der Katalysatorträger 5 ist in Art einer Plattenanordnung bzw. einer mäanderartigen Anordnung angeordnet. Die einzelnen Platten des Katalysatorträgers sind durch Platten eines elektrischen Isolators 6 getrennt. Das umzusetzende Medium strömt innerhalb des Gehäuses 4 durch die Platten des Katalysatorträgers 5. Der Katalysatorträger 5 wird zur Beheizung von einem elektrischen Strom I durchflossen.



Falls der Katalysatorträger 5 abweichend von der Darstellung in der Figur nicht durchgehend ist, sondern separate, einzelne Platten des Katalysatorträgers 5 getrennt voneinander angeordnet sind, kann der elektrische Kontakt z.B. über leitfähige Brücken zwischen den Platten hergestellt oder die Platten parallel bestromt werden.

Die Katalysatoreinheit K kann auch aus einem elektrisch leitfähigen Monolithen hergestellt werden, welcher geeignet bestromt wird. Auch hier ist es möglich, durch eine Aneinanderreihung von Katalysatormaterialbereichen mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften die ohmschen Verluste entlang der Strömungsrichtung des Mediums durch den Katalysator bzw. der Lauflänge des Reaktors 1 lokal differenziert einzustellen, so dass eine Temperaturverteilung im Reaktor gezielt eingestellt werden kann.

Ein erfindungsgemäßer Reaktor 1 ermöglicht es, die Aktivierungsenergie, welche zum Start einer chemischen Umsetzung eines Mediums am Katalysator, etwa eines Brennstoffs oder eines Schadgases, auf elektrischem Weg direkt in den Katalysator einzubringen. Die in den Katalysator eingebrachte Wärme ermöglicht ein sofortiges Anspringen und Umsetzen des Mediums. Damit ist eine Optimierung des Umsatzes möglich.

Vorzugsweise ist der Reaktor 1 in einem Brennstoffzellensystem angeordnet, wobei das umzusetzende Medium beispielsweise ein Gemisch aus Luft, Wasserstoff, Methanol und/oder anderen Alkoholen und/oder anderen Ethern und/oder Kohlenmonoxid ist.

XCELLSIS GmbH  
Stuttgart

FTP/S - kau  
25.01.2001

### Patentansprüche

1. Reaktor (1) mit einem katalytisch beschichteten metallischen Katalysatorträger (5), wobei der Katalysatorträger (5) als Teil eines elektrischen Stromkreises ausgebildet und mit einem katalytisch umzusetzenden Medium beaufschlagt ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Katalysatorträger (5) zumindest bereichsweise im Strömungsweg (S) eines vom Katalysator umzusetzenden Mediums angeordnet und von diesem Medium durchströmbar ist.

2. Reaktor nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein erster elektrischer Kontakt (7) an einer ersten Kontaktstelle des Katalysatorträgers (5) und ein zweiter elektrischer Kontakt (8) an einer zweiten Kontaktstelle des Katalysatorträgers (5) so angeordnet ist, daß der elektrische Stromfluß (I) im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung (S) des Mediums durch den Katalysatorträger (5) erfolgt.

3. Reaktor nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß in Strömungsrichtung (S) des Mediums mehrere Lagen des Katalysatorträgers (5) angeordnet sind, wobei zwischen zwei oder mehr Lagen des Katalysatorträgers (5) zumindest bereichsweise elektrisches Isoliermaterial (6) angeordnet ist.

4. Reaktor nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Katalysatorträger (5) als Streifen ausgebildet ist, wobei der Katalysatorträger (5) zumindest bereichsweise mit einem oder mehreren Streifen von elektrischem Isoliermaterial (6) bedeckt ist.

5. Reaktor nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Katalysatorträger (5) nach Art einer Filterkerze um ein erstes Rohrstück (2) gewunden ist und das erste Rohrstück (2) und der Katalysatorträger (5) von einem zweiten, einseitig geschlossenen Rohrstück (4, 3) zumindest bereichsweise umschlossen sind, wobei das erste und das zweite Rohrstück (2, 3) jeweils ein Bestandteil einer Medienleitung bilden.

6. Reaktor nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß das erste Rohrstück (2) elektrisch mit dem ersten elektrischen Kontakt (7) verbunden ist und im zweiten Rohrstück (4) eine elektrische Durchführung (10) zur elektrischen Ankontaktierung des zweiten elektrischen Kontakts (8) des Katalysatorträgers (5) vorgesehen ist.

7. Reaktor nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß entlang der Längserstreckung des Katalysatorträgers (5) Bereiche mit unterschiedlichem Querschnitt und/oder unterschiedlichem elektrischen Widerstand angeordnet sind.

8. Reaktor nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß das elektrische Isoliermaterial (6) zumindest bereichsweise Katalysatormaterial aufweist.

9. Reaktor nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,

daß der Katalysatorträger (5) aus einem metallischen Gewebe  
und/oder einem metallischen Netz und/oder einem Lochblech  
und/oder einem schwammartigen metallischen Material gebildet  
ist.

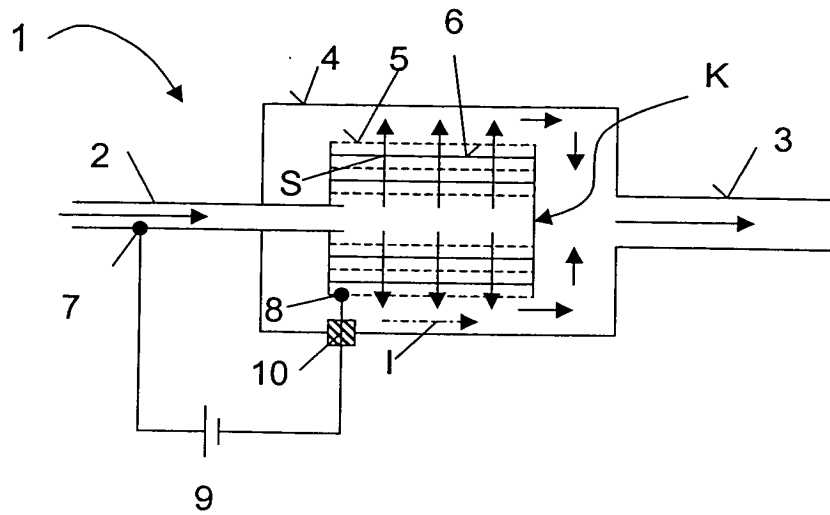


Fig. 1

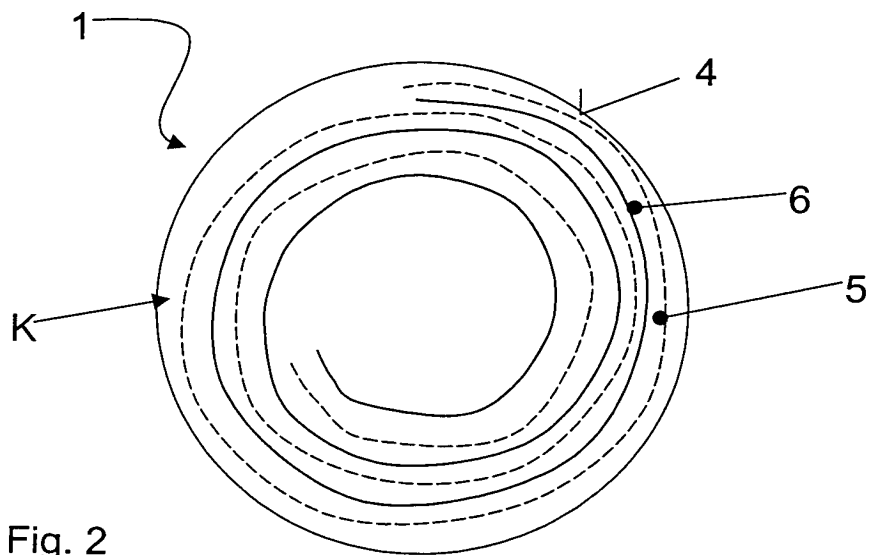


Fig. 2

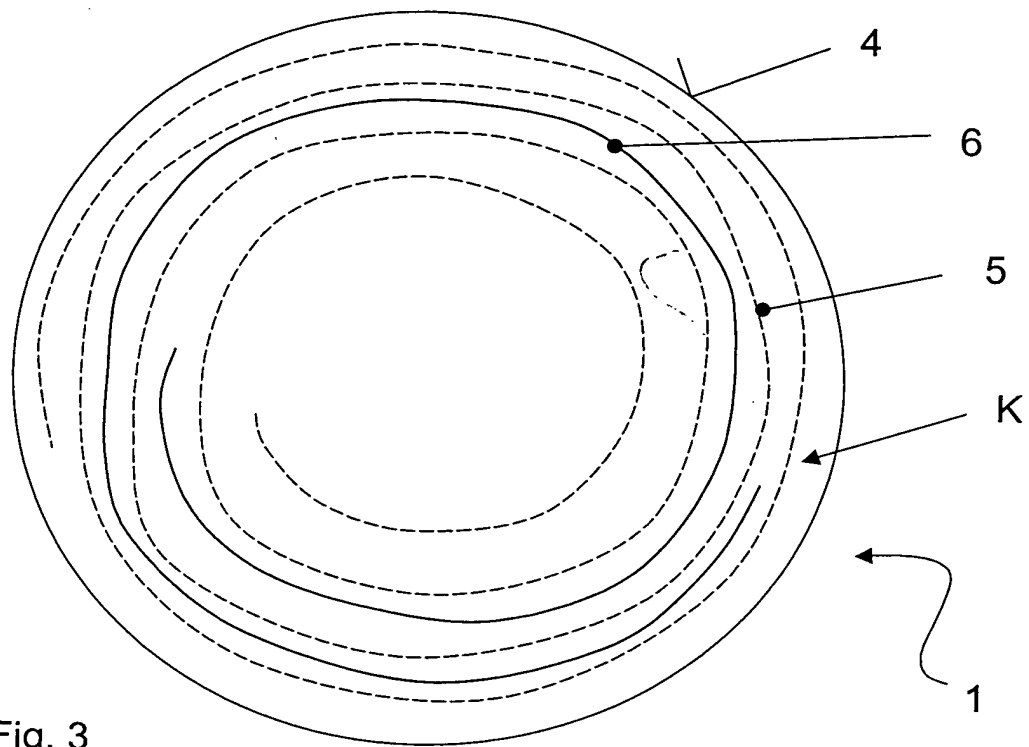


Fig. 3

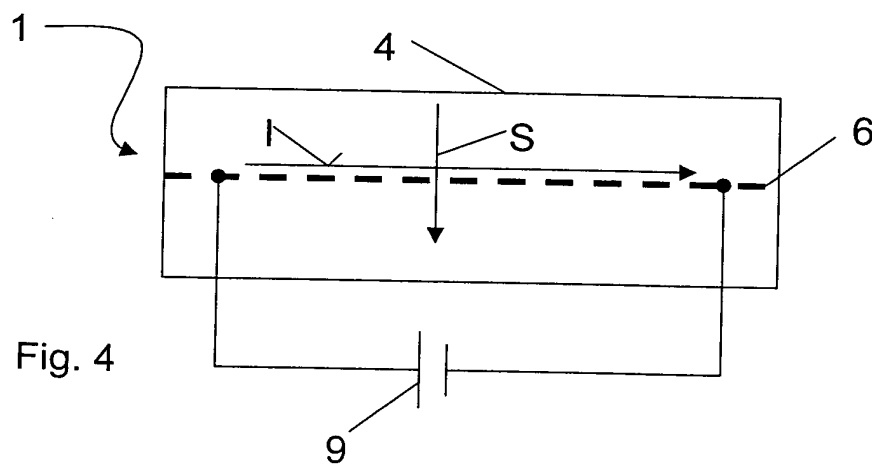


Fig. 4

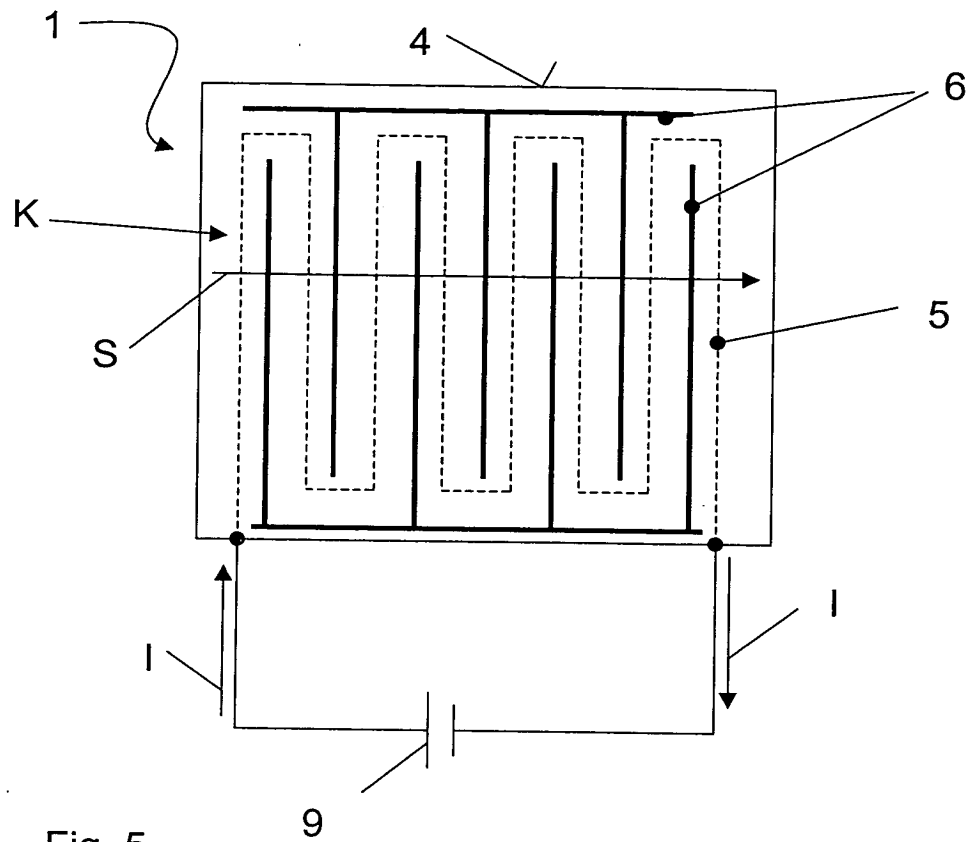


Fig. 5

XCELLSIS GmbH  
Stuttgart

FTP/S - kau  
25.01.2001

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Reaktor mit einem katalytisch beschichteten metallischen Katalysatorträger, wobei der Katalysatorträger als Teil eines elektrischen Stromkreises ausgebildet und mit einem katalytisch umzusetzenden Medium beaufschlagt ist, wobei der Katalysatorträger zumindest bereichsweise im Strömungsweg eines vom Katalysator umzusetzenden Mediums angeordnet und von diesem Medium durchströmbar ist.